



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 61 793.7

Anmeldetag: 23. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Regelungseinrichtung und Verfahren zur Regelung
und/oder Kalibrierung eines Mischventils

IPC: F 01 P, G 05 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trade Mark Office.

Stech

**Regelungseinrichtung und Verfahren zur Regelung
und/oder Kalibrierung eines Mischventils**

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung
und/oder Kalibrierung eines Mischventils gemäß O-
berbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Rege-
lungseinrichtung zur Regelung und/oder Kalibrierung
eines Mischventils gemäß Oberbegriff des Patentan-
15 spruchs 9.

Stand der Technik

Bei bekannten Kühlkreisläufen in Brennkraftmaschi-
20 nen wird eine Motoreintrittstemperatur eines
Kühlfluids üblicherweise über ein Mischventil gere-
gelt. Das Mischventil sorgt für eine variable Auf-
teilung eines Kühlfluidstroms aus dem Kühlkreislauf
der Brennkraftmaschine zwischen einem Wärmetauscher
25 und einer Bypassleitung. Solange die Brennkraftma-
schine noch nicht ihre Betriebstemperatur erreicht
hat, wird normalerweise ein größerer Teil des
Kühlfluidstroms über die Bypassleitung am Wärmetau-
30 scher vorbei geleitet und ohne wesentliche Abküh-
lung direkt dem Motorkühlkreislauf wieder zuge-
führt.

Die Motoreintrittstemperatur des Kühlfluids ergibt sich aus der Mischung der Volumenströme von Kühler und Bypassleitung, wobei die Bypassstemperatur der Motoraustrittstemperatur entspricht. Das Mischungsverhältnis des Mischventils im Kühlkreislauf wird
5 normalerweise auf Basis von Temperaturwerten an verschiedenen Stellen des Kühlkreislaufs geregelt.

10 Bekannt ist es weiterhin, bei Vorgabe eines sich dynamisch ändernden Sollwerts oder einer sich ändernden Motorlast die Ventilposition des Mischventils vorzusteuern. Üblicherweise ist in einer zentralen Steuereinheit eine Ventilkennlinie hinterlegt, in der ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Ventilstellung und dem Mischverhältnis im
15 System abgelegt ist. D.h., jedem Sollwert für das Mischverhältnis ist eine definierte Ventilposition zugeordnet.

20 Bei einer solchen Regelung ist nicht vorgesehen, das sich einstellende tatsächliche Mischverhältnis mit dem vorgegebenen Mischverhältnis zu vergleichen. Allerdings weisen derartige Mischventile gewisse Toleranzen auf, so dass das sich einstellende
25 Mischverhältnis nicht nur von der Ventilposition sondern insbesondere auch vom Volumenstrom, einer Systemkennlinie und der Temperatur des Kühlmittels abhängt.

30 Alle drei Faktoren können unter realen Bedingungen starken Änderungen und Schwankungen unterliegen. Folglich weicht das vorgegebene Mischverhältnis von dem sich einstellenden Mischverhältnis ab, was ins-

besondere für eine dynamische Vorsteuerung von
Nachteil ist.

Vorteile der Erfindung

5

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Regelung eines
Mischventils, insbesondere in einem Kühlkreislauf
einer Brennkraftmaschine, mit dem ein Volumenstrom
in Abhängigkeit einer Regelgröße in zwei Teilströme
10 aufteilbar ist, sieht vor, dass das Teilungsver-
hältnis des Mischventils aus einem Vergleich einer
Sollgröße mit einer aktuellen Messgröße bestimmt
wird. Das Verfahren gemäß der Erfindung sieht vor,
dass zur Berechnung des Teilungsverhältnisses ein
15 Korrekturwert berücksichtigt wird, der während des
Betriebs berechnet wird. Der Korrekturwert kann
insbesondere von einem Volumenstrom durch das
Mischventil abhängen.

20 Hierdurch ist es möglich, in der Regelung des
Mischventils dynamische Effekte auszugleichen und
auszuregeln. Weicht bei einem stationären Betriebs-
punkt bei einer reinen Vorsteuerung eine gemessene
Motoreintrittstemperatur von der gewünschten Soll-
25 temperatur ab, so entspricht die hierfür hinterleg-
te Mischverhältniskennlinie nicht den physikali-
schen Gegebenheiten. Ist bspw. die Motoreintritts-
temperatur größer als die Solltemperatur, müsste
das Ventil bei gleichem gewünschten Mischungsver-
30 hältnis den Kühlerzweig weiter öffnen, so dass die
Mischverhältniskennlinie nach unten korrigiert wer-
den muss. Entsprechend verhält es sich im umgekehr-
ten Fall. Aus der Abweichung der beiden Werte wird

ein Korrekturwert abgeleitet, der vorzugsweise in einer Korrekturkennlinie abgelegt ist.

5 Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass zur Bildung des Korrekturwerts weitere Kenngrößen, insbesondere eine Außentemperatur und/oder ein Luftdurchsatz durch einen Kühler berücksichtigt werden. Vorzugsweise ist eine Vielzahl von Korrekturwerten in einer Korrekturkennlinie abgelegt.

10 Vorzugsweise können die Korrekturwerte bzw. die Korrekturkennlinien in einem Kennfeld abgelegt sein. Zur Berechnung des aktuellen Korrekturwertes kann eine Steigung der Mischungsverhältniskennlinie an den momentanen Arbeitspunkt hinzugezogen werden.

15 Weitere Fahrzeugparameter können in die Korrekturwerte eingehen, bspw. eine Fahrgeschwindigkeit, ein Luftmassenstrom durch den Kühler, ein Volumenstrom im Kühlkreislauf, eine Motorlast, eine Temperatur und weitere andere Größen.

20 Vorzugsweise wird das Mischventil mittels einer Berücksichtigung der Korrekturwerte permanent kalibriert, so dass eine Berücksichtigung der genannten zusätzlichen Parameter nicht permanent erfolgen muss, sondern in regelmäßigen Zeitabständen nur zur

25 Kalibrierung verwendet werden kann.

Eine erfindungsgemäße Regeleinrichtung zur Regelung eines Mischventils, insbesondere in einem Kühl-

30 kreislauf einer Brennkraftmaschine, mit dem ein Volumenstrom in Abhängigkeit einer Regelgröße in zwei Teilströme aufgeteilt wird, wobei das Teilungsverhältnis des Mischventils aus dem Vergleich einer Sollgröße und einer aktuellen Messgröße bestimmbar

ist, sieht vor, dass zur Berechnung des Teilungsverhältnisses ein Korrekturwert berücksichtigt wird, der insbesondere von einem Volumenstrom durch das Mischventil abhängen kann.

5

Zur Bildung des Korrekturwertes können insbesondere weitere Fahrzeugparameter wie eine Außentemperatur, ein Luftdurchsatz, eine Fahrgeschwindigkeit, ein Luftmassenstrom durch den Kühler, ein Volumenstrom, eine Motorlast, etc. berücksichtigt werden.

10

Weitere Merkmale und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie der nachfolgenden Figurenbeschreibung.

15

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

20

Figur 1 ein schematisches Blockschaltbild eines Kühlkreislaufes einer Brennkraftmaschine,

25

Figur 2 einen Regelungsalgorithmus für die erfindungsgemäße Ventilkalibrierung,

30

Figur 3 eine Reglerkennlinie eines Mischventil des Kühlkreislaufs aus Figur 1 und

Figur 4 einen detaillierten Regelzusammenhang zur Ermittlung einer korrigierten Ventilstellung und zur Kalibrierung des Mischventils.

5

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Kühlkreislaufes einer Brennkraftmaschine 10, wie sie insbesondere in einem Kraftfahrzeug eingebaut sein kann. Eine Förderpumpe 14 sorgt für eine Umwälzung eines Kühlfluids zwischen einem Ablauf 22 und einem Zulauf 24 eines Kühlkreislaufs der Brennkraftmaschine 10. Der Ablauf 22 ist vorzugsweise an einer heißen Stelle der Brennkraftmaschine 10, insbesondere in einem Zylinderkopf vorgesehen, während der Zulauf 24 vorzugsweise an einer kühleren Stelle in einem unteren Bereich der Brennkraftmaschine 10 vorgesehen ist.

20

Zwischen Ablauf 22 und Zulauf 24 ist ein erster Wärmetauscher 16 vorgesehen, der vorzugsweise fahrtwindgeköhlt ist und für eine Kühlung des Kühlfluids zwischen einem Kühlereinlass 26 und einem Kühlerauslass 28 sorgt. Zwischen Ablauf 22 der Brennkraftmaschine 10 und Kühlereinlass 26 des ersten Wärmetauschers 16 ist ein Mischventil 12 vorgesehen, das eine Aufteilung des Kühlfluidstroms zwischen der Leitung zum Kühlereinlass 26 und einer Bypassleitung 20 ermöglicht, die unmittelbar am Zulauf der Förderpumpe 14 mündet. Ein zweiter Wärmetauscher 18 ist mit dem Kreislauf des ersten Wärmetauschers 16 verbunden und sorgt bspw. für eine variable Aufheizung eines Fahrzeuginnenraums.

Wird der von der Förderpumpe 14 umgewälzte Gesamtvolumenstrom auf einen Wert von eins normiert und wird für den Volumenstrom durch den ersten Wärmetauscher 16 ein Wert x bestimmt, so lässt sich die Motoreintrittstemperatur T_{ME} am Zulauf 24 aus folgender Gleichung (1) berechnen:

$$T_{ME} = T_{MA} \cdot (1-x) + T_{KA} \cdot x \quad (1),$$

10

mit T_{MA} : Motoraustrittstemperatur am Ablauf 22 und
 T_{KA} : Austrittstemperatur am Kühlerauslass 28.

Wird an Stelle der Motoreintrittstemperatur T_{ME} eine Solltemperatur T_{MEsoll} eingesetzt und die Gleichung (1) nach dem Mischverhältnis $x = MV$ aufgelöst, so erhält man folgende Gleichung (2):

15

$$x = MV_{soll} = \frac{T_{MA} - T_{MEsoll}}{T_{MA} - T_{KA}} \quad (2),$$

20

welche einen Wert für das Sollmischverhältnis MV_{soll} liefert.

25

Das Mischventil 12 kann gemäß der Erfindung derart gesteuert werden, dass zur Bildung des Mischverhältnisses neben einer Motoraustrittstemperatur am Ablauf 22 einer Motoreintrittstemperatur am Zulauf 24 und einer Kühleraustrittstemperatur am Kühlerauslass 28 ein Korrekturwert berücksichtigt wird, der aus verschiedenen Fahrzeugparametern gebildet wird. Der Korrekturwert kann bspw. weitere Parameter wie einen Volumenstrom im Kühlkreislauf, einen

30

Luftdurchsatz im ersten Wärmetauscher 16, eine Motorlast sowie weitere Größen berücksichtigen.

Figur 2 verdeutlicht einen typischen Regelalgorithmus, welcher der Regelung der Kühlmitteltemperatur zwischen Motoraustritt und Motoreintritt zu Grunde liegt. Die Bezugsziffer 32 charakterisiert hierbei eine Mischungsgleichung, mittels derer aus den Eingangswerten T_{MA} (Motoraustrittstemperatur), T_{KA} (Kühleraustrittstemperatur) und T_{MEsoll} (Sollwert für die Motoreintrittstemperatur) ein Sollmischverhältnis $MVsoll$ berechnet wird. Eine Differenz zwischen dem Sollwert für die Motoreintrittstemperatur T_{MEsoll} und der tatsächlich gemessenen Motoreintrittstemperatur T_{ME} wird nach Durchlaufen eines I-Reglers 34 dem Sollwert für das Mischverhältnis $MVsoll$ hinzu addiert, so dass daraus der Regelkennwert für das Mischventil 12 gebildet wird. Anstatt eines I-Reglers 34 kann wahlweise auch ein Regler mit anderer Regelcharakteristik zur Überlagerung der Mischungsgleichung 32 vorgesehen sein. Die Bezugsziffer 30 charakterisiert in diesem Zusammenhang den Eingriffspunkt für die erfindungsgemäße Ventilkalibrierung.

25

Figur 3 verdeutlicht einen beispielhaften Zusammenhang zwischen einer Ventilstellung x_{Ventil} und dem resultierenden Mischungsverhältnis MV . Es zeigt eine Anpassung des Mischverhältnis für eine bestimmte Ventilstellung x_{Ventil} , wenn bspw. die Motoreintrittstemperatur T_{ME} größer ist als die Solltemperatur T_{MEsoll} . Hierbei wird die Mischverhältniskennlinie nach unten verschoben, was durch Berücksichtigung eines entsprechenden Kennwertes erfolgt. Der

30

Wert u_{Ventil} bezeichnet in diesem Zusammenhang einen korrigierten Sollwert für die Ventilposition. Eine Vielzahl von Korrekturkennwerten ist vorzugsweise in Diagrammen bzw. in Kennfeldern abgelegt.

5

Figur 4 zeigt nochmals in einem ausführlicheren Schaltbild einen Regelungszusammenhang zwischen einem Sollwert für die Motoreintrittstemperatur T_{MEsoll} und einem korrigierten Sollwert u_{Ventil} für die Ventilposition des Mischventils 12. Aus der beschriebenen Gleichung (2)

10

$$x_{\text{soll}} = MV_{\text{soll}} = \frac{T_{\text{MA}} - T_{\text{MEsoll}}}{T_{\text{MA}} - T_{\text{KA}}} \quad (2),$$

15

wird ein Wert für das Sollmischverhältnis MV_{soll} bestimmt. Diese Gleichung charakterisiert eine statische Vorsteuerung im Temperaturführungsprozess. Jedem Wert für das Sollmischverhältnis MV_{soll} ist jeweils ein Ventilstellwert x_{Ventil} des Mischventils 12 zugeordnet. Diese Zuordnungsvorschrift ist in der sog. Mischverhältniskennlinie 36 abgelegt.

20

25 Aus der Berechnung des realen Mischverhältnisses

$$x_{\text{real}} = MV_{\text{real}} = \frac{T_{\text{MA}} - T_{\text{ME}}}{T_{\text{MA}} - T_{\text{KA}}} \quad (3),$$

30

wird mittels der Korrekturkennlinien 38 ein Korrekturwert Δx für den Ventilstellwert errechnet. Durch Addition des Stellwerts x_{Ventil} aus der Ventilkennlinie 36 und des Korrekturwerts Δx aus der Korrektur-

kennlinie 38 wird hieraus der korrigierte Ventilstellwert u_{Ventil} gewonnen.

5 Dem Sollmischverhältnis MV_{soll} kann wahlweise zusätzlich der Regler 34, bspw. ein I-Regler, überlagert sein, dessen Ausgangswert als weiterer Korrekturfaktor dem korrigierten Ventilstellwert u_{Ventil} hinzu addiert werden kann (vgl. hierzu auch Figur 2). Der Eingang des I-Reglers 34 vergleicht den
10 Sollwert T_{MEsoll} der Motoreingangstemperatur mit dessen aktuellen Wert T_{MEist} .

Der erfindungsgemäße Regelalgorithmus ermöglicht eine präzise und reaktionsschnelle Regelung eines
15 Mischventils sowie dessen permanente Kalibrierung.

R. 304697

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Kalibrierung und/oder Regelung eines Mischventils, insbesondere in einem Kühlkreislauf einer Brennkraftmaschine, mit dem ein Volumenstrom in Abhängigkeit einer Regelgröße in zwei
10 Teilströme aufteilbar ist, wobei das Teilungsverhältnis des Mischventils bzw. das Mischverhältnis aus einem Vergleich einer Sollgröße mit einer aktuellen Messgröße bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Berechnung des Teilungs- bzw. Misch-
15 verhältnisses (MV) ein Korrekturwert berücksichtigt wird, der während des Betriebs berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Berechnung des Korrekturwerts ein reales Mischverhältnis (MV_{real}) berechnet und mit dem
20 vorgegebenen Mischverhältnis (MV_{soll}) verglichen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturwert aus einer Ausgangsgröße eines überlagerten Reglers (34) gebildet
25 wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der überlagerte Reglers (34) ein I-Regler
30 ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bildung des Korrektur-

turwerts weitere Kenngrößen, insbesondere ein Volumenstrom durch das Mischventil (12), eine Außentemperatur und/oder ein Luftdurchsatz durch einen Wärmetauscher (16) berücksichtigt werden.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl von Korrekturwerten in einer Korrekturkennlinie abgelegt sind.

10

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Korrekturwerte bzw. die Korrekturkennlinien in einem Kennfeld abgelegt sind.

15

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mischventil (12) mittels einer Berücksichtigung der Korrekturwerte permanent kalibriert wird.

20

9. Regeleinrichtung zur Regelung und/oder Kalibrierung eines Mischventils, insbesondere in einem Kühlkreislauf einer Brennkraftmaschine, mit dem ein Volumenstrom in Abhängigkeit einer Regelgröße in zwei Teilströme aufteilbar ist, wobei das Teilungsverhältnis des Mischventils aus einem Vergleich einer Sollgröße mit einer aktuellen Messgröße bestimmbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Berechnung des Teilungsverhältnisses ein Korrekturwert berücksichtigbar ist, der während des Betriebs berechnet wird.

25

30

10. Regeleinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturwert aus einer

Berechnung eines realen Mischverhältnisses (MV_{real}) und einem Vergleich mit dem vorgegebenen Mischverhältnis (MV_{soll}) herleitbar ist.

5 11. Regeleinrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturwert aus einer Ausgangsgröße eines überlagerten Reglers (34) herleitbar ist.

10 12. Regeleinrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der überlagerte Reglers (34) ein I-Regler ist.

13. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis
15 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturwert aus einer Berücksichtigung weiterer Kenngrößen, insbesondere eines Volumenstroms durch das Mischventil (12), einer Außentemperatur und/oder eines Luftdurchsatzes durch einen Wärmetauscher (16) gebildet ist.
20

14. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis
13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl von Korrekturwerten in einer Korrekturkennlinie abgelegt sind.
25

15. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis
14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl von Korrekturwerten bzw. eine Vielzahl von Korrekturkennlinien in einem Kennfeld abgelegt sind.
30

16. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis
15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mischventil

(12) mittels einer Berücksichtigung der Korrekturwerte permanent kalibrierbar ist.

R. 304697

Zusammenfassung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung und/oder Kalibrierung eines Mischventils, insbesondere in einem Kühlkreislauf einer Brennkraftmaschine, mit dem ein Volumenstrom in Abhängigkeit einer

10 Regelgröße in zwei Teilströme aufteilbar ist, wobei das Teilungsverhältnis des Mischventils aus einem Vergleich einer Sollgröße mit einer aktuellen Messgröße bestimmt wird.

15 Es ist vorgesehen, dass zur Berechnung des Teilungs- bzw. Mischverhältnisses (MV) ein Korrekturwert berücksichtigt wird, der während des Betriebs berechnet wird.

20 Die Erfindung betrifft ferner eine entsprechende Regeleinrichtung zur Regelung und/oder Kalibrierung eines Mischventils. Hierbei ist vorgesehen, dass zur Berechnung des Teilungsverhältnisses ein Korrekturwert berücksichtigbar ist, der während des

25 Betriebs berechnet wird.

(Figur 1)

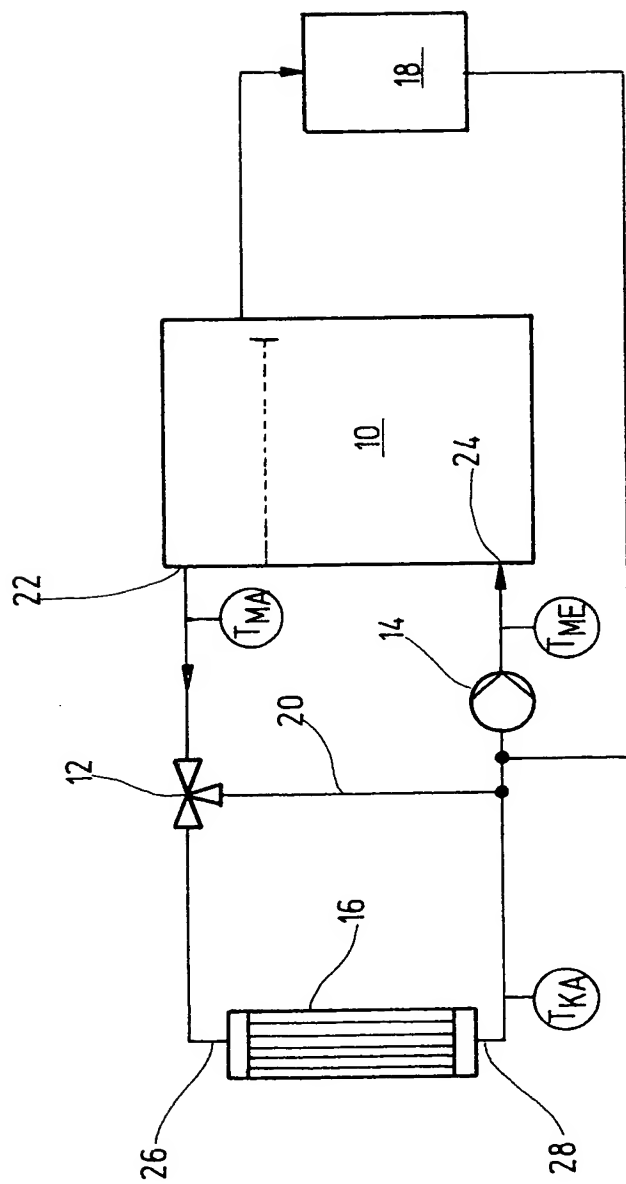


Fig.1

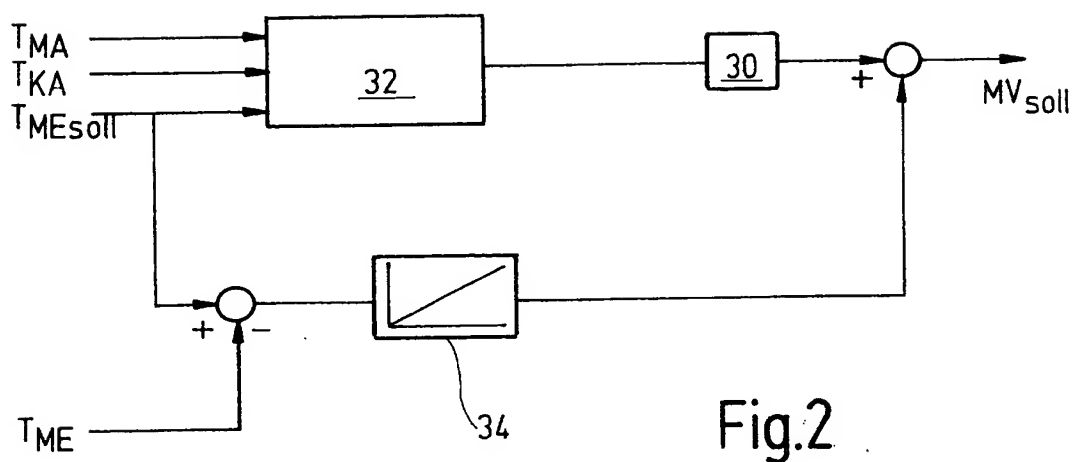


Fig.2

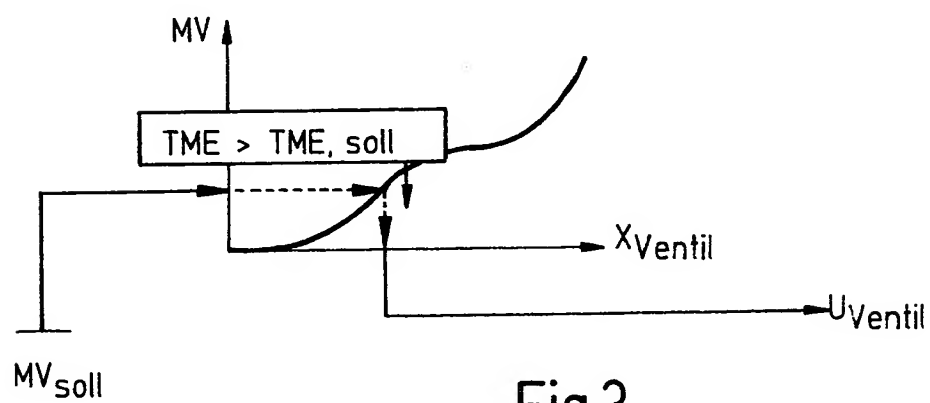


Fig.3

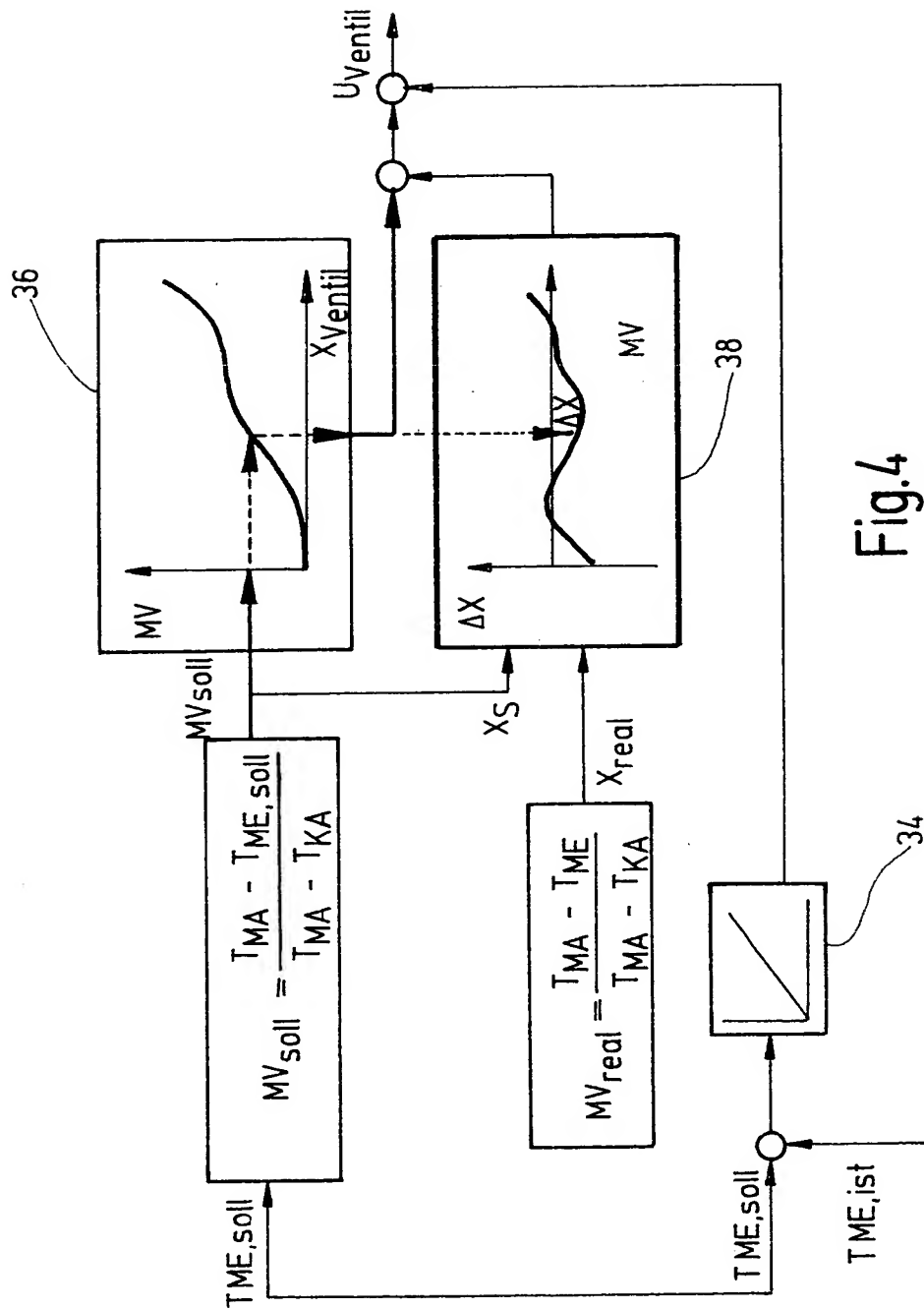


Fig. 4